

A propos de la géographie de l'eau : temporalités et échelles spatiales.

François Durand-Dastès.

Professeur émérite.

UMR Géographie-cités.

Résumé.

Les problèmes de l'eau dans le monde sont envisagés ici seulement dans le cadre d'une étude de cas des interactions entre des composantes spatiales et temporelles différant aussi bien par leur niveau scalaire que par leur nature. La définition et la quantification des stocks et des flux d'eau, permet d'établir les interactions entre les usages principaux qui sont faits de l'eau et de formaliser ces interactions sous forme d'un système. Les entrées de ce système de base sont ensuite prises en considérations, et étudiées du point de vue de leurs niveaux hiérarchiques et de leur nature. Leur combinaison permet de définir des "espaces de l'eau" qui servent de cadre pour classer les types d'action des sociétés humaines en matière de géographie de l'eau. Ces actions sont définies comme des "corrections", au bénéfice des hommes, des répartitions naturelles dans le temps et dans l'espace. Corrections spatiales et temporelles d'ampleur et d'efficacité variées se combinent dans les techniques les plus importantes, qui sont donc situées les unes par rapport aux autres.

Mots-clefs. Eau. Irrigation. Aménagement. Echelles. Temporalités. Systèmes. Interactions.

Abstract.

Questions about the geography of water are raised here only as a case study of combinations of components of different nature and different levels of scale, concerning time and space. A description of stocks and flows leads to the interactions between several main uses of water, set in a systemic framework. The inputs of the system are then taken into account, from the point of view of their nature and hierarchical structure. Their combination leads to a definition of types of "water spaces", which are used to classify human actions on the geography of water. These actions are defined as means to "correct" for the benefits of mankind, the natural spatial and temporal distributions of water. Spatial and temporal "corrections" of different levels of size and efficiency are combined in the main technics used for the management of water resources.

Key words: Water use. Irrigation. Spatial planning. Scales. Time scales. Systems. Interactions.

La gestion de l'eau par tous les groupes humains de toutes catégories est au centre de nombreux problèmes d'actualité, tant les excédents et les pénuries, passées, présentes et prévisibles provoquent curiosités, inquiétudes et polémiques. L'ordre de grandeur des masses impliquées se situe au plus haut niveau de celles auxquelles l'humanité a affaire, puisqu'ils se comptent en milliers de kilomètres cubes. L'étude géographique des répartitions spatiales et temporelles de l'eau implique encore plus que d'autres aspects de la géographie, des imbrications de phénomènes naturels et socio-économiques, et met en cause dans chacun de ces domaines, des composantes variées. L'importance des rythmes saisonniers et la nécessité de penser le long terme, la solidarité des aires parcourues par les grands courants -aériens,

fluviaux, océaniques - qui répartissent l'eau, obligent à tenir compte des dimensions spatiales et des ordres de grandeur temporels des formes d'utilisation de l'eau et des processus qui les gouverne.

La géographie de l'eau, d'importance reconnue, se prête donc bien à la mise en œuvre de réflexions sur les échelles et les temporalités. D'autre part, c'est pour les avoir négligées qu'on a pu parfois donner ici et là des visions contestables des aspects de cette géographie. Il a donc paru intéressant de tenter une rapide présentation de quelques-uns d'entre eux, vus à travers la grille de lecture des rapports entre échelles et temporalités.

Stocks et flux.

La répartition des eaux à l'échelle globale peut s'apprécier en faisant varier la durée et la nature du temps pris en compte, en d'autres termes, avec différentes temporalités. Le tableau 1 présente une image instantanée, une photographie en quelque sorte de la présence de l'eau sur la terre, il se situe dans une temporalité très courte.

	Milliers de kilomètres cubes	Part en pour mille
Océans	1 348 000	973,9
Calottes polaires, icebergs, glaciers.	27 820	20,1
Nappes et humidité des sols	8 602	5,8
Lacs et cours d'eau	225	0,2
Atmosphère	13	0,01
Total	1 384 120	100
Dont eau douce	36 020	2,6

Tableau 1. Les masses d'eau à la surface du globe.

Ce tableau incite à distinguer entre des masses qui évoluent lentement et demeurent pour l'essentiel dans la même situation, celles des océans et des glaces, et celles qui se renouvellent constamment comme l'eau atmosphérique, et, avec des rythmes plus lents, les eaux continentales, lacs et cours d'eau surtout. On peut qualifier les premières de stocks, les secondes étant impliquées dans des flux. Les ordres de grandeur de ceux-ci paraissent très faibles par rapport à ceux-là, voire infimes. Mais ils ont une très grande importance par leurs effets, et leur rôle ne peut être apprécié qu'en changeant d'échelle temporelle, puisque l'eau atmosphérique circule, se renouvelle constamment. Il est nécessaire, pour apprécier l'importance de ces flux, de se livrer à des totalisations, ce qui implique le choix d'un cadre temporel. Il est logique d'adopter l'année comme référence, puisqu'elle représente un cycle significatif du point de vue physique, celui des saisons, lui-même lié aux rythmes cosmique des déplacements de la terre autour du soleil. Elle permet de tenir compte des périodes de forte et de faible évaporation, des rythmes des précipitations, et d'intégrer les mécanismes décalés des deux hémisphères pour présenter une image globale.

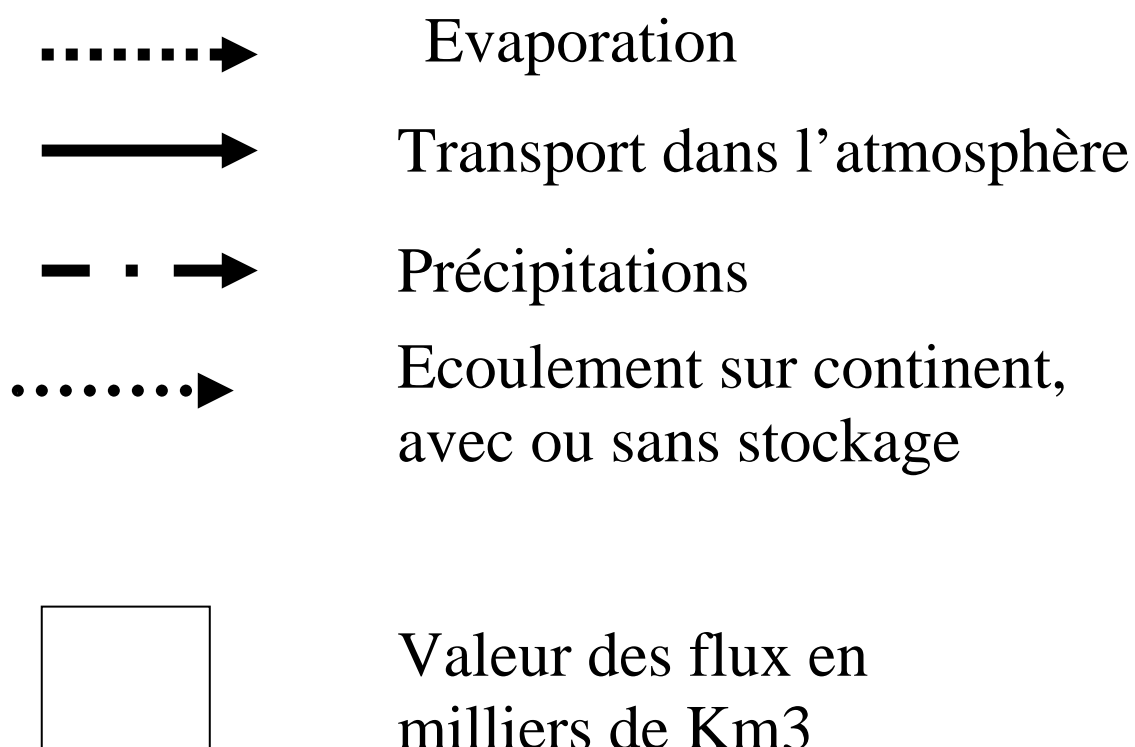
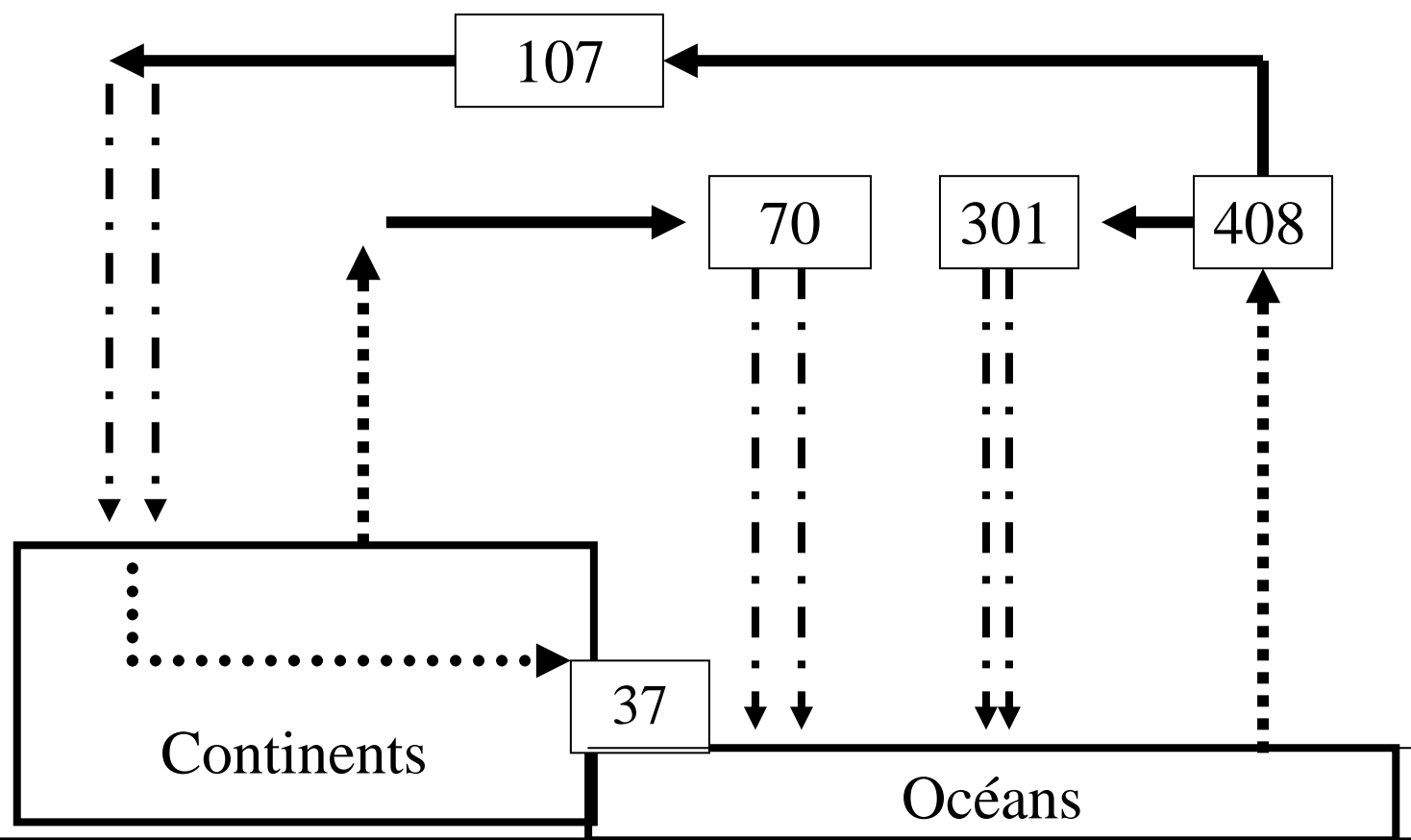


Figure 1

Le bilan de l'eau annuel, tel qu'il résulte de calculs qui donnent au moins des ordres de grandeur, et tel que le présente la figure 1, montre que la présence instantanée dans l'atmosphère d'environ 13 milliers de Km³ assure bon an mal an, la circulation de plus de 400 milliers de Km³ d'eau. Prélevée par l'évaporation dans les océans, elle y fait retour par trois circuits :

- un circuit court : [évaporation des océans -> déplacement dans l'atmosphère -> précipitations sur les océans] ;
- un circuit plus long mais relativement simple : [évaporation des océans -> déplacement dans l'atmosphère -> précipitation sur les continents -> évaporation et transpiration à partir des continents et de leur couverture végétale -> déplacement dans l'atmosphère -> précipitation sur les océans] ;
- un circuit également long, variété du précédent, qui implique plusieurs milieux, et des flux qui ne sont plus seulement faits de vapeur d'eau. Le retour de l'eau précipitée sur les continents se fait par l'écoulement liquide des cours d'eau, après, souvent, une phase de stockage dans des nappes souterraines.

La figure 1 indique les ordres de grandeur des différents circuits. Fait essentiel : les deux derniers, qui concernent "seulement" en année moyenne, de 100 à 110 milliers de Km³, soit un peu moins de 8 cent-millièmes de l'eau présente sur la terre, sont la condition majeure de la vie sur les continents. L'eau, en effet, est un constituant majeur de la matière vivante, élaborée au niveau primaire par les végétaux, grâce à l'assimilation chlorophyllienne en présence d'énergie solaire. Plus précisément, la transpiration d'une grande partie des végétaux permet la circulation de la sève, donc la formation de leurs organismes.

Ces transports d'eau des océans aux continents jouent en première analyse à l'échelle mondiale et le cycle annuel fournit le premier cadre chronologique de leur description. Mais de fortes inégalités spatiales et temporelles se manifestent dans ces répartitions. Très schématiquement, des zones pluvieuses se situent aux latitudes moyennes, surtout dans l'ouest des masses continentales, et aux basses latitudes, avec des expansions plus fortes vers les latitudes moyennes à l'est de continents. Ces aires pluvieuses sont séparées par des axes secs, qui traversent les continents, et affectent des latitudes plus basses sur leurs façades occidentales que sur leurs secteurs orientaux. En raison de cette disposition, on les désigne souvent par le terme de "diagonales arides". Toujours aussi schématiquement les précipitations les plus fortes tendent à se produire pendant l'été de l'hémisphère considéré, avec souvent des débordements sur les saisons intermédiaires, notamment l'automne. (L'exception du climat "méditerranéen" est en somme assez locale à l'échelle mondiale, malgré l'importance qu'elle revêt aux yeux des Européens, géographes ou non, pour des raisons évidentes). (Pour une présentation schématique mais plus précise de cet aspect, et des éléments d'explication, voir Durand-Dastès F. 1996).

Ces inégalités de répartition dans le temps et dans l'espace, à l'échelle mondiale et dans le cadre temporel de l'année prise comme un ensemble de saisons conditionne largement l'utilisation de l'eau par les sociétés humaines, en modulant ses formes dans le temps et dans l'espace. Il faut aussi tenir compte de temporalités autres que celles de l'année : temporalités plus longues avec les cycles pluriannuels, qui peuvent faire alterner des périodes, de l'ordre de la décennie, d'années sèches et d'années pluvieuses; temporalités plus courtes avec notamment les fortes ou très fortes accumulations de précipitations en quelques jours, voire quelques heures, qui peuvent être très destructives.

L'utilisation de l'eau : le système de base.

L'eau est un corps très particulier, avec des propriétés liées aux caractères, eux-mêmes particuliers, de la liaison entre les atomes de sa molécule, par des processus qu'il n'est pas possible d'envisager ici. Mais on peut noter que ces propriétés lui confèrent une importance cardinale dans les aspects de la géographie de la terre, et singulièrement des êtres vivants qui l'habitent. Ils en font des usages multiformes, qui définissent de nombreux types d'usagers. Parmi eux, bien sûr, les membres des sociétés humaines, dont on se permettra de privilégier le point de vue, dans un bref rappel des liens entre propriétés de l'eau et les formes de son utilisation. Constituant de base de la matière vivante, l'eau est essentielle pour la géographie des plantes, dont les plantes cultivées : elle conditionne ainsi l'agriculture, donc l'alimentation humaine. C'est un élément de base des boissons des hommes et des animaux. Solvant majeur et premier fluide de refroidissement, elle fonde l'hygiène, depuis les logements individuels jusqu'aux systèmes d'épuration et d'assainissement à l'échelle des métropoles et des régions métropolitaines, et connaît de nombreux usages industriels. Corps à l'état liquide dans une large gamme des températures atmosphériques près de la surface terrestre, elle remplit les fleuves et les lacs, permet la navigation et des activités de plaisance. Sa capacité à passer par les trois états gazeux, liquide, solide, dans les basses couches de l'atmosphère lui offre les conditions d'une circulation rapide. Le processus :

[évaporation des régions basses -> précipitations sur les régions hautes -> écoulement vers le bas]

fournit un fort potentiel énergétique, exploité de longtemps par les moulins et norias, puis par les centrales hydroélectriques de l'âge industriel. (Une énergie qui combine deux sources fondamentales et inépuisables, l'activité solaire et la force de gravité).

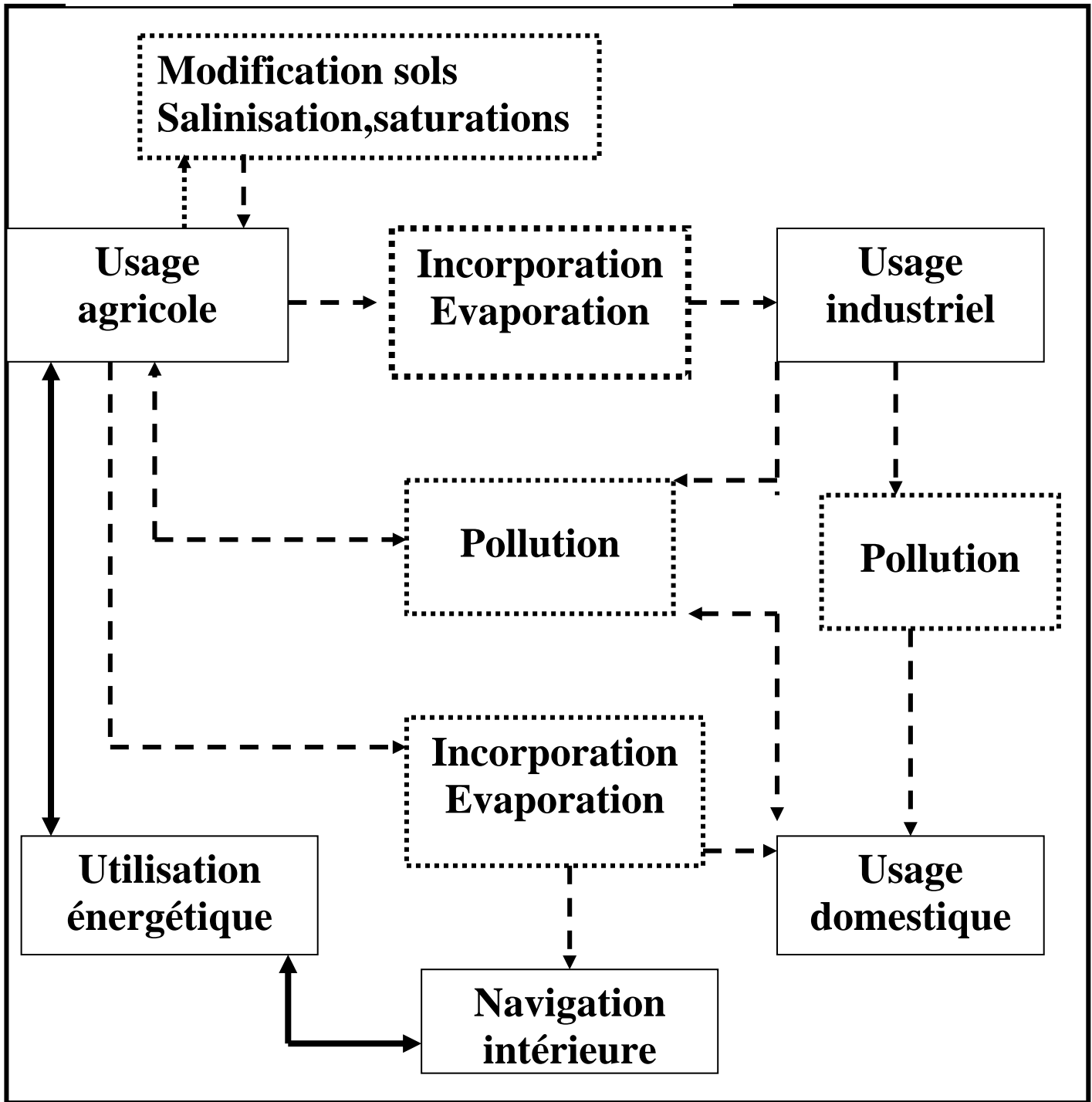
L'eau est donc un acteur fondamental de la géographie du monde humanisé. Elle est très lourdement utilisée, on dit souvent qu'elle est "consommée" - l'expression est courante dans la littérature, notamment dans les publications des organismes qui recensent les besoins en eau à toutes les échelles, des régions aux ensembles mondiaux. L'usage de ce terme est justifiable. Encore faut-il aller voir de près ce que l'on entend par "consommation" d'eau.

Beaucoup d'usages de l'eau n'aboutissent pas à la destruction pure et simple du corps, alors que l'utilisation humaine des matières premières et des sources d'énergie entraîne une telle destruction irréversible des molécules qui les constituent, pour en élaborer ou en libérer de nouvelles. Le cas des combustibles est particulièrement flagrant.

Il en va différemment dans une large mesure pour l'eau. De bien des points de vue, consommer l'eau, ce n'est pas la détruire, mais soit apporter une modification réversible à certaines de ses propriétés, soit la déplacer dans le temps et dans l'espace, la détourner, pourrait-on dire.

Du premier point de vue on retiendra les modifications de la température de l'eau, et celle de la nature et de la teneur des produits qu'elle contient en solution. Ces modifications, pour la plupart réversibles techniquement, mais par des procédés qui peuvent présenter des coûts sociaux très élevés, sont souvent considérées comme des dégradations, et rassemblées sous l'étiquette de "pollutions". Terme dont l'usage se légitime par le fait que pour beaucoup d'utilisations, on a besoin d'une eau pure à une température située dans la gamme des températures atmosphériques. La "pollution" peut donc résulter d'utilisations qui rendent l'eau impropre à d'autres usages, si l'on n'y porte remède.

On retrouve des effets analogues dans le cas des déplacements d'eau dans le temps et/ou dans l'espace, par rapport à des parcours "habituels" ou "naturels". Ainsi, les modifications de l'écoulement de l'eau dans une aire donnée pour l'orienter vers des champs, (essence de la pratique de l'irrigation), aboutissent à incorporer une partie de l'eau dans les molécules végétales et entraîne le retour vers l'atmosphère d'une autre partie sous forme d'évaporation et



----->

<-----

====>

Gène, freine

Avantage
réciproque



Processus
intermédiaire

Figure 2

de transpiration, dans des lieux et/ou à des moments différents de ceux où ce retour se serait produit en l'absence de l'aménagement concerné. Ainsi déplacée *quelque part*, l'eau n'est plus disponible *ailleurs*, pour une *autre* utilisation.

Tous ces processus convergent pour expliquer que les usages de l'eau se conditionnent réciproquement les uns les autres, dans un cadre spatial et temporel donné. Puisqu'on peut identifier une série d'interactions dans ces cadres, elles "font système", et il est loisible de parler de systèmes d'utilisation de l'eau. La figure 2 tente une formalisation générale de tels systèmes. Elle retient cinq types d'utilisation majeurs, et indique les principales interactions réciproques entre elles. Les processus par l'intermédiaire desquels fonctionnent ces actions réciproques sont indiqués par une graphie différente de celle qui indique les utilisations. (On lira par exemple que les usages agricoles limitent les usages industriels par l'intermédiaire des pollutions et des détournements dus à l'incorporation d'eau dans les organismes végétaux et aux retours "précoces" à l'atmosphère par le biais de l'évaporation et de la transpiration, "l'évapotranspiration").

Le système ainsi présenté tient peu compte, au moins dans un premier temps, des échelles spatiales et des temporalités. On peut en effet considérer qu'il peut servir de grille d'analyse de problèmes de gestion de l'eau dans des espaces de dimensions variées. Il s'applique cependant mieux aux niveaux inférieurs de la hiérarchie scalaire, disons par exemple du niveau local au niveau régional, voire à la limite aux grands domaines. (Pour des réflexions sur le vocabulaire désignant les différents niveaux scalaires, voir Brunet 1969, Dollfus 1970, Tricart 1952). Mais la lecture n'est guère possible à l'échelle mondiale. Du point de vue temporel, un tel schéma, comme beaucoup de schémas de systèmes du même type, tend à faire largement abstraction des temporalités, à mettre en quelque sorte le temps entre parenthèses. Tous en sachant que les processus d'actions réciproques entre éléments du système se déroulent dans le temps ; il est admissible de les considérer comme synchroniques. (Sur la légitimité de la démarche qui repose sur la définition de temps intra et extra systémique, voir Durand-Dastès, 2001 et Durand-Dastès 2004).

La démarche est sensiblement différente à partir du moment où l'on introduit les considérations sur les conditions d'existence des systèmes, sur les parties du monde extérieures au système mais en relation avec lui, autrement dit avec les "entrées" du système.

Les entrées des systèmes d'utilisation de l'eau : hiérarchies et combinaisons.

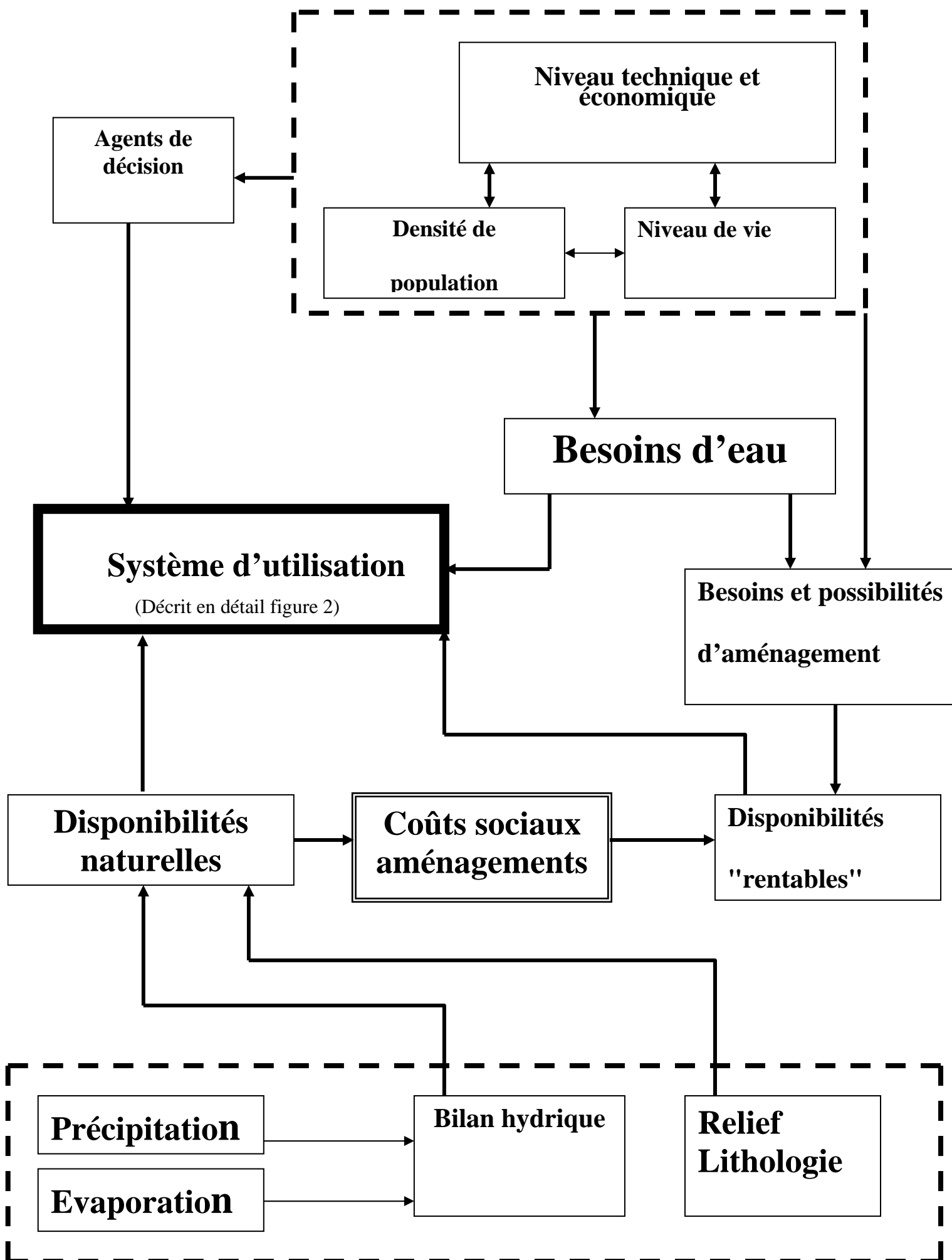
Les conditions de fonctionnement des systèmes d'utilisation dépendent largement du rapport entre les besoins et les ressources en eau dans un domaine donné. Elles sont aussi tributaires des moyens d'action des sociétés humaines. Les caractères de ces trois éléments explicatifs résultent aussi de séries d'interactions ; on a tenté de décrire les traits essentiels dans le schéma de la figure 3, complément indispensable de la figure 2.

On a pu distinguer deux ensembles parmi les entrées.

Un ensemble qui relève plutôt de faits économiques, sociaux et démographiques. Les besoins d'eau varient en fonction de la densité de population, des niveaux de vie ; ces besoins et les possibilités de réaliser des aménagements dépendent du système économique et social, qui influence aussi la nature et les capacités des agents de décision, des "acteurs", si l'on préfère. Mais des interactions existent entre économie, démographie et niveau de vie, qui forment système.

Un ensemble qui relève davantage des données naturelles. La relation fondamentale est celle qui met en rapport les précipitations et l'évapotranspiration (sur le schéma fig. 3, on a mentionné seulement l'évaporation, mais c'est d'évapotranspiration qu'il s'agit en fait). Combinée aux conditions de stockage et d'écoulement qui dépendent de la nature des sols

Figure 3



et sous-sols (perméabilité et imperméabilité, conditions faites à la formation des nappes) la relation de base définit des disponibilités "naturelles", une notion que l'on peut conserver. Cependant, la présence de l'eau se prête plus ou moins bien à l'utilisation. La nature des nappes, l'abondance des écoulements fluviaux offrent des conditions différentes aux sociétés, qui ont des efforts plus ou moins importants à fournir pour mettre en œuvre les ressources en eau. L'ensemble des efforts a été désigné sur le schéma par le terme de "coûts sociaux" - il doit être clair qu'il ne s'agit pas seulement de coûts monétaires. De même, la mention de "disponibilités rentables" fait référence au rapport entre l'ensemble des efforts qu'un groupe social doit fournir et les avantages qu'il en tire, en partie seulement évaluable en termes financiers. Ces disponibilités que les cadres naturels et humains rendent "rentables" ont un rôle explicatif plus direct que les disponibilités naturelles.

Comme le souligne la figure 3, les systèmes d'utilisation de l'eau ne se comprennent qu'en fonction d'entrées de nature différente ; mais celles-ci offrent de surcroît des hiérarchies dans la taille des composantes ; les questions d'échelle spatiale jouent un rôle important.

Aussi, avant d'aborder le problème des combinaisons des composantes, il peut être utile de développer l'exemple de leur hiérarchie spatiale, à propos de celles qui tiennent surtout aux aspects naturels.

Le tableau 2 croise deux composantes naturelles, les deux premières dans une hiérarchie des ordres de grandeur spatiaux.

Voir tableau 2 à la fin du texte.

En ligne, la première composante est relative aux grands domaines climatiques, dont les dimensions sont de quelques dizaines à quelques centaines de millions de kilomètres carrés. On les a classés par l'application de deux critères successifs, eux-mêmes hiérarchisés en fonction de leur valeur explicative pour la géographie de l'eau. Le premier critère est celui des bilans hydriques, c'est à dire des rapports entre les précipitations et l'évapotranspiration potentielle. S'opposent en premier lieu les domaines où le bilan annuel est négatif (la quantité d'eau que l'atmosphère peut absorber par évaporation et transpiration est supérieure à l'apport pluvial) à ceux où il est positif (la quantité d'eau que l'atmosphère peut absorber par évaporation et transpiration est inférieure à l'apport pluvial, il y a donc excédent d'eau). Ce deuxième domaine se subdivise selon que le bilan est en gros positif tout au long de l'année, ou qu'il existe une alternance saisonnière entre périodes de bilan positif et négatif. La place des saisons humides et sèches vient apporter une dernière série de nuances. Le deuxième critère introduit est celui des rythmes thermiques, auxquels a été conférée une place seconde, par rapport aux bilans hydriques, mais sans que cela signifie qu'elle soit secondaire.

La deuxième composante (colonnes du tableau 2) concerne des mécanismes qui ne relèvent plus de grands contrôles climatiques mondiaux, mais de modifications de leurs effets par des processus relevant de l'hydrologie fluviale, de moindre ampleur, qui génèrent donc des subdivisions des domaines définis par la première composante.

Du point de vue de cette deuxième composante, le premier critère différencie les bassins où l'essentiel des variations de l'écoulement est dû quasi-directement à celles du bilan hydrique sur le bassin et ceux où interviennent des phénomènes annexes, comme les stockages ou les transferts d'eau.

La combinaison de ces deux composantes permet de définir des types de milieux hydrologiques, dont les caractères seront un élément nécessaire de la définition et de l'explication des facteurs naturels de l'utilisation de l'eau. Nécessaire, mais loin d'être suffisant, puisque des composantes situées à des niveaux inférieurs dans la hiérarchie des ordres de grandeurs interviennent, pour introduire des différenciations supplémentaires. Celles-ci produisent des espaces de bien plus petite dimension, donc très nombreux, et il est

évidemment impossible d'en faire des recensements même schématiques comme celui du tableau 2. Pour en comprendre le rôle, on ne peut avoir recours qu'à des exemples.

Ainsi, la Péninsule indienne appartient au domaine des climats à bilan hydrique annuel positif avec alternances de saisons humides et sèches, sans période de refroidissement significatif. Ses fleuves ont un régime lié essentiellement aux bilans hydriques. (A la différence, par exemple, des cours d'eau de la plaine du nord de l'Inde, qui appartiennent au même domaine climatique mais ont des régimes influencés par la proximité de l'Himalaya). Mais de nombreuses différenciations sont introduites par des facteurs supplémentaires :

- A un niveau scalaire où les ordres de grandeur se comptent encore en centaines de kilomètres carrés, on trouve des oppositions entre les plateaux gneissiques, imperméables mais sans nappes souterraines étendues, les plateaux basaltiques recouverts de sols noirs à fort pouvoir de rétention d'eau et qui contiennent dans les fissures des roches des réserves exploitables, et enfin, les grandes vallées fluviales.
- A un niveau encore inférieur, où les ordres de grandeur se comptent en dizaines de Km², voire moins, il y a des différences notables entre les parties hautes et les parties basses des versants en glaciés, puisque l'eau s'accumule dans ces dernières. Là où les plaines alluviales s'élargissent et dans les deltas, une différence essentielle apparaît entre trois domaines ; zones basses régulièrement et longuement inondées, bourrelets de berge en général émergés, zones intermédiaires atteintes irrégulièrement par les hautes eaux, et recouvertes d'une tranche d'eau de hauteur généralement modérée. Il faut souligner ici un fait très important pour qui s'intéresse à la différenciation spatiale: des décalages de quelques mètres peuvent, dans certains milieux, entraîner des contrastes très importants dans les conditions de la mise en valeur, voire dans l'histoire du peuplement. C'est le cas notamment dans les plaines alluviales et littorales, des milieux dans lesquelles se rassemble une part importante des habitants de la terre, et une part encore plus importante des agriculteurs.

Après avoir pris en considération des hiérarchies scalaires dans les entrées des systèmes d'utilisation de l'eau, il convient d'illustrer le rôle essentiel du croisement des composantes naturelles et socio-économiques, ce pourquoi a été construit le tableau 3.

Voir tableau 3 à la fin du texte

Il croise les deux premières composantes dans chacun des grands domaines, c'est à dire celles qui se situent aux ordres de grandeur les plus élevés, ou, si l'on préfère, aux plus petites échelles. On a repris une version simplifiée des grands domaines hydro-climatiques, tels qu'ils figurent en colonne sur le tableau 2 pour caractériser les aspects naturels à ce niveau. Pour construire la première composante socio-économique, on a retenu deux critères.

En premier lieu, la densité de population. En effet, la sollicitation des ressources en eau a des relations multiples avec cet aspect démographique : depuis des relations directes du simple fait des consommations domestiques, largement fonction des effectifs des populations, particulièrement cruciales dans les agglomérations urbaines, jusqu'à des relations complexes, comme celles qui lient les densités rurales et les systèmes de production agricole. Dans ce dernier cas, on a affaire à des interactions puisqu'il est à la fois vrai que les systèmes agricoles forts consommateurs d'eau permettent de faire vivre des effectifs d'agriculteurs considérables par unité de surface, et que les fortes densités agricoles rendent nécessaire des systèmes intensifs, dont les besoins en eau peuvent être considérables notamment en raison du recours à l'irrigation.

En second lieu, il faut faire intervenir des variables liées d'une part aux niveaux de vie, qui interviennent dans le niveau des consommations, et d'autre part au pouvoir d'investissement

du système économique, qui conditionne pour une large part les possibilités d'aménagement, c'est à dire ici le niveau d'intervention pour modifier les répartitions naturelles, et traiter les pollutions. D'une manière générale, les consommations et les possibilités d'intervention sont plus forts dans les pays "riches" que dans les pays "pauvres".

Densité et niveaux économiques se distribuent dans le monde avec des variations progressives d'un pays à un autre, d'une région à une autre à l'intérieur des Etats. Pour construire un tableau lisible, il a fallu utiliser des oppositions binaires, commodés mais forcément caricaturales. Elles ont évidemment des limites, notamment en ce qui concerne les traits de l'économie, puisque aucune place à part n'est faite ici aux pays et aux régions "émergentes", en cours de modernisation rapide. De plus, elles posent un problème d'options terminologiques. On a choisi pour le tableau les qualificatifs d'économies "industrielles" opposées économies "peu industrielles." Il y a d'autres terminologies possibles, elles présentent toutes des inconvénients, comme celle qui a été choisie ici - peut être avons-nous surtout voulu éviter celle qui est le plus à la mode, l'opposition "nord-sud" et dont on a envie de considérer qu'elle représente la plus mauvaise solution terminologique...

Les combinaisons produites par le croisement du tableau 3 définissent des types d'espaces présentant une forte homogénéité du point de vue des conditions de fonctionnement des systèmes d'utilisation, ce que l'on pourrait appeler des "espaces de l'eau". Du point de vue scalaire, les ordres de grandeur se situent au niveau des domaines, des grandes régions, voire des régions.

Malgré la rapidité des évolutions économiques, les "espaces de l'eau" ainsi définis ont une certaine stabilité chronologique, une grande partie de leurs propriétés se conservant à une échelle temporelle qui est au moins celle de la décennie, mais qui peut atteindre le niveau séculaire. (Pour un essai de cartographie à l'échelle mondiale des "espaces de l'eau", voir Durand-Dastès, 1992, et Jalta, Joly, Reineri, 2001).

Tant du point de vue spatial que du point de vue temporel, l'introduction de critères supplémentaires permet de dégager des espaces de plus petites dimensions et de durées significatives plus faibles, comme on l'a montré à propos des composantes naturelles. Mais les espaces de l'eau tels qu'ils ont été définis par le croisement de deux composantes fournissent un cadre utile à des réflexions sur la gestion de l'eau par les sociétés humaines.

La gestion des systèmes d'utilisation : espaces et temps.

Les formes d'intervention des sociétés humaines dans le fonctionnement des systèmes d'utilisation de l'eau sont multiples. Elles relèvent largement de logiques d'adaptation aux différentes échelles spatiales et temporelles. La répartition même de la population sur le globe montre que la possibilité de disposer de ressources en eau est une condition nécessaire à la formation d'aires de peuplement dense étendues et continues, comme le montre le fait que les régions à fort déficit de précipitations n'ont de peuplement que par taches discontinues, parfois de forte densité démographique, des "oasis", autrement dit, comme des îles dans des espaces presque vides. (Les zones fortement peuplées n'atteignent des étendues importantes que le long des vallées de fleuves allogènes, comme le Nil, l'Indus, le Tigre et l'Euphrate). Condition nécessaire donc, mais non suffisante, bien sûr : des régions de climat équivalent connaissent des densités de peuplement très différentes. (Durand-Dastès, 1996)

A des niveaux scalaires inférieurs, les formes d'adaptation sont multiples, comme le montrent aussi bien les choix de systèmes de cultures que ceux des sites urbains. On pourrait multiplier les exemples. Il semble cependant plus utile pour notre propos d'insister sur des formes de mise en valeur qui relèvent plus de l'aménagement actif que de l'adaptation passive.

Comme le rappellent les figures 1 et 2, les processus naturels aboutissent à distribuer l'eau inégalement dans l'espace et dans le temps. Ces inégalités se situent à des ordres de grandeur variés, des deux points de vue, et sont dues à deux processus d'ampleur différente, d'une part les transports de milliers de kilomètres cubes d'eau dans l'atmosphère et les mécanismes pluviogènes (de gigantesques systèmes d'ascendance, essentiellement) et, d'autre part, les circulations terrestres, mettant en œuvre des masses plus modestes. Les sociétés humaines se sont de long temps efforcées de modifier par des interventions actives ces répartitions spatio-temporelles. L'agriculture qui utilise l'eau précipitée *là où* elle tombe et *quand* elle tombe (l'agriculture "sous pluie" ou "pluviale"), si elle reste dominante, a depuis longtemps été remplacée ou complétée sur de grandes étendues par des techniques qui changent ces effets des processus naturels. La recherche d'eaux pures pour la boisson, d'eaux convenables pour la trempe des métaux ou le traitement des fibres, ont été à l'origine de bien des installations urbaines et industrielles, mais là encore, le stade des seules "adaptations" est largement dépassé par la mise en œuvre de techniques de déplacement de masses d'eau considérables dans le temps et dans l'espace et de massifs traitements des eaux pour les épurer.

Les sociétés humaines ont donc opéré, avec des fins multiples, des actions de **correction** des distributions de l'eau dans le temps et/ou dans l'espace. Les techniques utilisées, beau reflet de l'ingéniosité humaine, sont plus ou moins efficaces de chacun de ces deux points de vue, qu'il convient de toujours prendre en compte simultanément, ce que l'on peut faire au moyen d'une grille de lecture comme celle présentée par la figure 4.

Elle croise les deux types de corrections, et situe quelques-unes des techniques les plus courantes, par rapport à l'ampleur des modifications apportées, à leurs ordres de grandeur.

Ceux-ci ont été décrits en termes qualitatifs volontairement généraux.

Du point de vue spatial, les aires et les distances concernées peuvent aller des quelques centaines de mètres des canaux rayonnant autour d'une petite source ou d'un modeste puits muni d'un système de levage utilisant la force humaine ou animale, aux très longs canaux qui transfèrent l'eau d'un domaine climatique à un autre, ou qui distribuent celle qui est accumulées derrière de grands barrages réservoirs. Les déplacements peuvent atteindre des distances dont l'ordre de grandeur est le millier de kilomètres.

Du point de vue temporel, il est possible de placer les degrés de correction dans des classes discrètes, en faisant référence aux rythmes climatiques, liés à des phénomènes cycliques.

- Corrections intra-saisonnière. Elles évitent les inconvénients des variations pluviométriques d'un jour à l'autre, et des périodes sèches même courtes. Dans bien des régions tropicales, la saison pluvieuse peut comporter des arrêts des précipitations de l'ordre de la décade, suffisants pour rendre difficile la culture du riz sous pluie. Les apports d'un très petit réservoir ou d'un puits éliminent cet inconvénient et permettent la riziculture. Elles peuvent aussi servir à pallier les effets d'épisodes brutaux de très fortes précipitations.
- Corrections inter-saisonnières, qui permettent de déplacer l'eau des saisons pluvieuses vers les saisons sèches. Dans les régions où il n'y a pas de limite thermique à la croissance végétale, ces transferts inter-saisonniers sont un moyen essentiel d'intensification des productions agricoles, puisqu'ils permettent la double culture, et sont donc équivalents à une augmentation de la surface agricole utile. (Celle-ci est équivalente à la surface cultivée brute multipliée par 1, 4 ou 1,5 sur les très grands espaces de l'Inde ou de la Chine orientale). Les régions de climat méditerranéen, où la saison la plus favorable du point de vue thermique est la plus démunie du point de vue pluviométrique est également très

Correction temporelle	Correction spatiale		
	FAIBLE	MOYENNE	FORTE
FAIBLE		Submersion dirigée	Dérivations gravitaires Dérivations avec levage
MOYENNE		Petits réservoirs	
	Puits, nappes superficielles		
FORTE		Puits, nappes profondes.	Grands réservoirs avec système de canaux de distribution

Figure 4. Corrections des répartitions naturelles dans l'espace et le temps par quelques types d'aménagement.

tributaire de ces transferts inter-saisonniers. Ces transferts sont nécessaires aussi pour assurer la continuité des approvisionnements des ménages, notamment dans les villes.

- Corrections inter-annuelles. Elles permettent, dans une certaine mesure, de corriger les effets des alternances d'années sèches et pluvieuses, dont les conséquences peuvent être graves. Elles demandent en général des travaux très importants et leur efficacité connaît des limites, même dans des régions puissamment équipées - un pays comme la France connaît des pénuries liées à des cycles inter-annuels ou inter-saisonniers, même pour faire face à la consommation des ménages.

La figure 4 situe quelques techniques très caractéristiques des interventions humaines sur les systèmes de l'eau. On peut les apprécier en fonction de leur efficacité et du degré d'artificialisation qu'elles impliquent.

Les utilisations des eaux fluviales permettent de "consommer" des ressources loin, voire très loin de l'endroit où a eu lieu l'apport pluvial, la correction spatiale est donc forte ; elle est amplifiée par la construction de canaux de dérivation qui épandent l'eau hors des zones proches du lit. Mais ces techniques sont tributaires du régime fluvial, la correction temporelle

est donc faible par rapport aux calendriers hydrologiques, un peu plus par rapport aux calendriers pluviométriques, puisque les premiers peuvent présenter des décalages par rapport aux seconds. (Beaucoup de fleuves ont encore des hautes eaux dans leurs basses vallées alors qu'elles ne reçoivent plus de pluie. Le tableau 2 donne en termes généraux des explications de certains de ces décalages).

L'efficacité de la correction temporelle est améliorée par des interventions supplémentaires. Dans la submersion dirigée, telle qu'elle est beaucoup pratiquée dans les deltas et basses plaines alluviales de l'Asie orientale et méridionale, une infinité minutieusement mise en place de diguettes, de canaux, de petits ouvrages de levage, permet de régler les déplacements de l'eau : elle limite l'inondation des zones basses retarde l'arrivée de l'eau dans les zones moyennes pour éviter la destruction des semis et la retient en fin de période pour assurer la maturation des cultures. Par ailleurs, l'efficacité des dérivations est augmentée par la construction d'ouvrages qui élèvent le plan d'eau. Ces barrages de dérivation ne créent que des réserves très faibles, mais ils peuvent régulariser et amplifier les dérivations. Appartiennent à cette catégorie des milliers de petits ouvrages, mais aussi des constructions plus considérables, comme le barrage de Sukkur sur le bas Indus, ou la série d'ouvrages du Bas Rhône. Ils ont un rôle important dans les réseaux d'irrigation, et aussi dans la production d'électricité, avec les centrales dites "de basse chute", ainsi que pour la navigation intérieure.

Les autres systèmes assurent des corrections temporelles plus importantes, puisqu'ils impliquent la constitution ou l'utilisation de réserves. Les puits - un type d'équipement ancien et universel - utilisent les réserves constituées par les nappes. Ils dépendent donc de climats locaux (en dépit du rôle parfois joué par des circulations souterraines ou inféro-flux), des structures géologiques et de la pédologie, également locales. Ils corrigent donc assez peu les répartitions spatiales naturelles, mais sont d'une très grande efficacité du point de vue temporel. Celle-ci varie cependant selon les niveaux des techniques mises en œuvre. Si ce niveau est faible, les possibilités de forage et de levage ne permettent d'atteindre que des nappes superficielles, alors qu'avec des forages profonds et des systèmes de pompage efficaces on peut avoir accès à des nappes profondes moins soumises aux influences extérieures. L'exploitation de nappes fossiles, telle qu'on la pratique dans des pays comme la Libye, est un exemple limite d'une correction temporelle à très long terme. Mais il s'agit d'exploitation de ressources non renouvelables, avec tous les inconvénients de ces exploitations de type "minier".

Les petits réservoirs peuvent être soit au centre d'un réseau hydrologique, soit interposés dans des réseaux plus amples. Dans ce dernier cas, ils jouent un rôle important dans les adductions d'eau pour les usages ménagers et industriels, l'alimentation des concentrations humaines, des villages de pays riches aux grandes métropoles. Le château d'eau est un élément bien connu de nos paysages. Il relève de la logique du petit réservoir, comparable à celle qui régit un équipement en apparence assez différent, placé au centre d'un aménagement. Connus sous des noms divers dans différentes parties du monde, comme celui de "tanks" en Inde, ou de "lacs collinaires" dans le Sud-Ouest de la France, des petits réservoirs à ciel ouvert, créés par des barrages de quelques mètres de haut et de quelques centaines de mètres de long, assurent des corrections intra-saisonnières et, au moins partiellement, inter-saisonnières dans les systèmes d'irrigation. Ils ont des fonctions complémentaires, pour la célébration de cultes ou des activités de loisirs, selon les cas.

Les corrections spatiales et temporelles sont portées au maximum par les grands barrages réservoirs, comme on en a construit quelques milliers dans le monde au cours surtout de la seconde moitié du XX^e siècle. Ils réalisent les plus hauts niveaux de correction spatiale et temporelle. Ils peuvent éliminer complètement les irrégularités intra-saisonnières, partiellement au moins les irrégularités inter-saisonnières, atténuer les irrégularités inter-annuelles. Du point de vue spatial, les canaux qui distribuent leurs eaux couvrent de grands

périmètres irrigués, peuvent contribuer fortement à des transferts indispensables aux grandes métropoles. Ils écrêtent les crues et leurs centrales de moyenne, voire de haute chute produisent en abondance une énergie "propre". Cette efficacité explique leurs succès. Ils ne sont cependant pas sans inconvénients ; ce sont des ouvrages coûteux, notamment en capital et en technologie de pointe, ils transforment profondément l'environnement et dans certaines régions la constitution des lacs qu'ils retiennent a entraîné le déplacement de populations, qui souvent, il est vrai, n'ont pas reçu de compensation convenable au préjudice subi. (Voir sur cette question des résumés des termes des polémiques qu'elle entraîne dans Durand-Dastès 1992 et dans Mutin 2002 et aussi World Commission on dams, 2004).

Ces interrogations sur les grands barrages-réservoirs sont un exemple de problèmes plus généraux concernant les choix des ordres de grandeur de l'aménagement. On peut privilégier la multiplication des actions sur des petits espaces, apportant des modifications temporelles et spatiales limitées, privilégiant les économies dans l'utilisation des ressources existantes par rapport à la mobilisation de ressources nouvelles, ou plutôt à de nouvelles mobilisations de ressources. Le slogan "small is beautiful" garde toute sa puissance d'impact, on préconise un peu partout le recours massif aux "technologies douces". Il y a certainement beaucoup à faire en s'inspirant de ces lignes de pensée. Mais sans doute faut-il se méfier de tout excès et de tout simplisme. Pour nous en tenir au cas, fort important, des productions agricoles, les exemples ne manquent pas de régions ou de domaines où les technologies comme celles de la "petite irrigation" (puits, tanks, dérivations) ont été mises en œuvre depuis longtemps, et où l'on voit mal comment on aurait pu obtenir des productions à la hauteur des besoins sans recours à des aménagements considérables. C'est bien le cas en ce qui concerne les plaines densément peuplées de l'Asie du Sud, très différentes de milieux comparables dans les continents africain et latino-américain, où il reste beaucoup de possibilités de progrès grâce à la multiplication des petits ouvrages. On ne peut juger un système sans tenir compte de l'ensemble des interactions et de la diversité des entrées qui conditionnent son existence. Elles sont elles-mêmes produits d'évolutions complexes, des temps de la nature comme de ceux de l'humanité, des temps longs comme des conjonctures.

Voir pages suivantes pour références et tableaux 2 et 3.

Références.

(On n'a retenu que les ouvrages cités dans le texte et quelques ouvrages sur l'eau récents et commodes.)

- Brunet R. 1969. Le quartier rural, structure régionale. Revue de géographie des Pyrénées et du Sud-Ouest vol 40, N°1, pp 81-100.
- Dollfus O. 1970. L'espace géographique. Paris, PUF, 128 pp
- Durand-Dastès F. 1992. Les eaux douces. Abondances, sécheresses et conflits. Paris. Rageot/ Hatier. 155pp.
- Durand-Dastès F. 2001. Le temps, la géographie et ses modèles. Bulletin de la société géographique de Liège. Vol 40. N° 1, pp 5-13
- Durand-Dastès F. 1996. Climat et société. La Documentation photographique. Paris. Documentation française.
- Durand-Dastès F. 2004. Echelles et temporalités en géographie. Chapitre premier : Temporalités et échelles : définitions et premières articulations. Centre national d'Enseignement à Distance. Vanves 70 pp. En collaboration avec G Hugonie.
- Jalta J , Joly JF , Reineri R. (Dir. de) 2001. Les hommes occupent et aménagent la terre. Paris, Magnard, 272 pp.
- Lasserre F. Descroix L. 2003. Eaux et territoires. Tensions, coopérations et géopolitique de l'eau. Paris, L'Harmattan, 280 pp
- Mutin G. 2002 Les problèmes de l'eau. La Documentation photographique. Paris, La documentation française.
- Tricart J. La géomorphologie et la notion d'échelle. 1952. Revue de Géomorphologie dynamique. T.V, N° 5, pp 213-218
- World commission on dams. 2004. Report. <http://www.dams.org/docs/report>.

Tableau 2: Croisement des deux premières composantes des "milieux hydrologiques" naturels.

Domaines climatiques Echelle : Plusieurs climats régionaux.		Modification des effets du climat par les régimes hydrologiques (échelle bassin fluvial)			
		Ecoulement réglé par rapport P/ETP	Modification par rétention nivale dans le domaine	Modification par apport depuis un autre domaine climatique	
				Montagne proche	Autre domaine
Précipitations en général en excédent	Avec saison froide	Type Seine Tamise	Plaines continentales moyenne latitude Cf Volga	Plaines de Sibérie	
	Sans saison froide	Régions équatoriales Bassins moyens	Non réalisé	Indonésie	Fleuves à compensation inter hémisphérique. Cf Amazone, Congo
Excédent du bilan annuel; mais alternance saisons sèches et humides	Type tropical	Plaines centre du domaine cf Inde du sud	Marges montagneuses du domaine cf Himalaya	Plaines des marges Type Gange, Asie SE	Cf Niger Rio San Francisco
	Type "chinois"	Plaines côtières cf golfe du Mexique		Type Yangzi, Mississipi	Mississipi inférieur
	Type Méditerranée	Rare		Piémonts, type Californie Rousillon	Rhône inférieur
Bilan annuel déficitaire (aride et semi-aride)	Désert froid			Piémonts type Asie centrale	Vallée type Amou Daria
	Désert chaud	Centres des déserts Aréismes.		Piémonts type nord-saharien	Vallées fleuves allogènes Cf Nil, Indus

Tableau 3: Croisement de deux composantes de haut niveau, naturelle et économique/démographique.

	Economie "industrielle" Densité forte	Economie "industrielle" Densité faible	Economie "peu industrielle" ** Densité forte	Economie "peu industrielle" ** Densité faible
Excédent permanent. Très froid		Scandinavie Nord Canadien		
Excédent permanent. Tempéré	Europe Nord- Ouest	Parties de la Russie et des USA		
Excédent permanent. Chaud			Indonésie	Bassins du Congo et de l'Amazone
Alternances rapport P/ETP Tempéré	Régions méditerranéennes industrialisées		Chine orientale Parties du Moyen Orient. Maghreb	
Alternances rapport P/ETP Chaud	Japon du sud		Monde Indien	Afrique et Amérique du sud tropicale S.S.
Déficit permanent Froid		Sud Russie Asie Centrale Ouest USA		
Déficit permanent Chaud		Désert australien Arabie.	Vallées fleuves allogènes cf Nil et Indus	Sahara

** Y compris des « pays émergents » où l'industrialisation, puissante et rapide, est encore récente. Cette temporalité a des conséquences notables dans la structure des aménagements.

